

05/8058-SUY
ISP(2)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-232678

(43)Date of publication of application : 05.09.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
H01L 21/3065

(21)Application number : 08-032439

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 20.02.1996

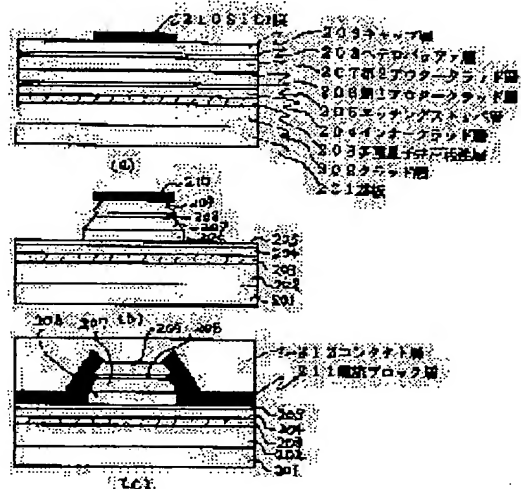
(72)Inventor : TADA KENTARO
HOTTA HITOSHI
MIYASAKA FUMITO

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE, MANUFACTURING METHOD THEREOF, SEMICONDUCTOR LASER AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser having a high kink level and high efficiency by devising the layer structure formed by the crystal growth to improve the mesa shape formed by wet etching.

SOLUTION: A first and second outer clad layers 206, 207, hetero buffer layer 208 and cap layer 209 are laminated to form a multilayer structure on a substrate 201. The clad layers 206, 207 are made of materials different in etching rates. Thereby when the mesa forming is made by wet etching, a mesa shape having a small difference between the mesa top and bottom widths results.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.02.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 15.12.1998

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-01039

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 14.01.1999

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-232678

(43)公開日 平成9年(1997)9月5日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	J

審査請求 有 請求項の数21 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-32439

(22)出願日 平成8年(1996)2月20日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 多田 健太郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 堀田 等

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 宮坂 文人

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

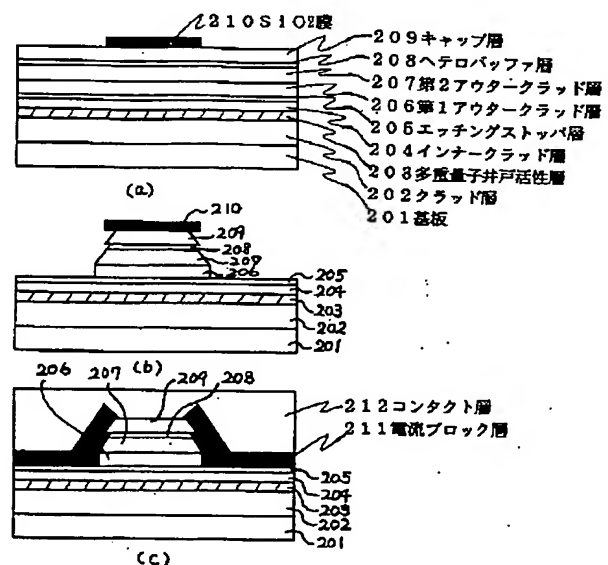
(74)代理人 弁理士 菅野 中

(54)【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法、並びに半導体レーザ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 結晶成長によって作る層構造を工夫することによって、ウェットエッチングで形成されるメサ形状を改善し、キンクレベルが高く、効率が低い半導体レーザを提供する。

【解決手段】 基板201上に第1及び第2アウタークラッド層206、207、ヘテロバッファ層208、キャップ層209を多層に積層する。第1アウタークラッド層206と第2アウタークラッド層207とはエッチングレートが異なる材料から構成されている。このためウェットエッチングでメサ形成を行うと、メサトップ幅とメサボトム幅との差が小さいメサ形状となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板上にメサ型のストライプが形成されている半導体装置であって、

前記メサの、ストライプ方向と垂直な断面形状は、台形を2段もしくは3段以上に重ねた形をしており、前記多重台形形状において、活性層から遠い側の台形の下底辺の長さは、活性層に近い側の台形の上底辺の長さより長く、

前記多重台形形状の活性層から遠い側の台形部分を構成する半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から近い側の台形部分を構成する半導体の組成よりエッチングレートが遅い組成となっていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 半導体基板上にメサ型のストライプが形成されている半導体装置であって、

前記メサの、ストライプ方向と垂直な断面形状は、台形状メサの下底辺の両端を切り落とした形、すなわち2重台形形状で、かつ活性層から遠い側の台形の下底辺の長さと活性層に近い側の台形の上底辺の長さがほぼ同じとなっており、

前記多重台形形状の活性層から遠い側の台形部分を構成する半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から近い側の台形部分を構成する半導体の組成よりエッチングレートが遅い組成となっていることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】 半導体基板上にメサ型のストライプが形成されている半導体装置であって、

前記メサの、ストライプ方向と垂直な断面形状は、矩形、あるいはメサ側辺の底辺に対する角度が 55° 以上 90° 以下である形状をなしており、

前記メサ部分を構成している組成は、エッチャントに対して、活性層から遠い方から近い方に向かって、エッチングレートが速くなるように連続的に変化していることを特徴とする半導体装置。

【請求項4】 横モード制御のためのメサ型クラッド層を有する半導体レーザであって、

前記メサの、導波路方向と垂直な断面形状は、台形を2段もしくは3段以上に重ねた形をしており、

前記多重台形形状において、活性層から遠い側の台形の下底辺の長さは、活性層に近い側の台形の上底辺の長さより長く、

前記多重台形形状の活性層から遠い側の台形部分を構成する半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から近い側の台形部分を構成する半導体の組成よりエッチングレートが遅い組成となっていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項5】 前記半導体レーザにおいて、特に、前記メサを構成するクラッド層は、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x \leq 0.8$) からなる半導体層を含むことを特徴とする請求項4に記載の半導体レーザ。

【請求項6】 前記半導体レーザにおいて、特に、前記多重台形形状の各台形部分を構成する半導体の組成は、活性層から遠い側から、順に $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x3}Ga_{1-x3})_{0.5}In_{0.5}P \cdots (Al_{xn}Ga_{1-xn})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x_1 < x_2 < x_3 < \cdots < x_n \leq 0.8$) というような組成になっていることを特徴とする請求項4に記載の半導体レーザ。

【請求項7】 横モード制御のためのメサ型クラッド層を有する半導体レーザであって、

前記メサの、導波路方向と垂直な断面形状は、台形状メサの下底辺の両端を切り落とした形、すなわち2重台形形状で、かつ活性層から遠い側の台形の下底辺の長さと活性層に近い側の台形の上底辺の長さがほぼ同じとなっており、

前記多重台形形状の活性層から遠い側の台形部分を構成する半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から近い側の台形部分を構成する半導体の組成よりエッチングレートが遅い組成となっていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項8】 前記半導体レーザにおいて、特に、前記メサを構成するクラッド層は、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x \leq 0.8$) からなる半導体層を含むことを特徴とする請求項7に記載の半導体レーザ。

【請求項9】 前記半導体レーザにおいて、特に、前記多重台形形状の各台形部分を構成する半導体の組成は、活性層から遠い側から、順に $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x_1 < x_2 \leq 0.8$) というような組成になっていることを特徴とする請求項7に記載の半導体レーザ。

【請求項10】 横モード制御のためのメサ型クラッド層を有する半導体レーザであって、

前記メサの、導波路方向と垂直な断面形状は、矩形、あるいはメサ側辺の底辺に対する角度が 55° 以上 90° 以下である形状をなしており、

前記メサ部分を構成している半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から遠い方から近い方に向かって、エッチングレートが速くなるように連続的に変化していることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項11】 前記半導体レーザにおいて、特に、前記メサを構成するクラッド層は、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x \leq 0.8$) からなる半導体層を含むことを特徴とする請求項10に記載の半導体レーザ。

【請求項12】 前記半導体レーザにおいて、特に、前記メサ部分を構成する半導体の組成は、組成を $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ と書き表わしたときに、 x が x_1 から x_2 ($0.5 \leq x_1 < x_2 \leq 0.8$) まで連続的に変化した組成になっていることを特徴とする請求項10に記載の半導体レーザ。

【請求項13】 エッチャントに対してエッチングレートが異なる多層の化合物半導体層をエッチングレートの小さい方が上になるように連続して半導体基板上に積層させ、

その連続積層された最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項14】 前記半導体基板上に積層される化合物半導体層を2層とし、エッチャントに対してエッチングレートが異なる2層の化合物半導体層をエッチングレートの小さい方が上になるように連続して積層させ、その最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングすることを特徴とする請求項13に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項15】 エッチャントに対してエッチングが進行するほどエッチングレートが速くなるように連続的に組成が変化する化合物半導体層を半導体基板上に積層させ、

その最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングすることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項16】 エッチャントに対してエッチングレートが異なる多層の化合物半導体層をエッチングレートの小さい方が上になるように連続して半導体基板上に積層させ、

その連続積層された最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングすることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項17】 特に前記多層化合物半導体層を、活性層から遠い側から、順に $(A_1x_1Ga_{1-x_1})_{0.5In_{0.5}P}$ 、 $(A_1x_2Ga_{1-x_2})_{0.5In_{0.5}P}$ 、 $(A_1x_3Ga_{1-x_3})_{0.5In_{0.5}P}$ 、 \dots 、 $(A_1x_nGa_{1-x_n})_{0.5In_{0.5}P}$ ($0.5 \leq x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_n \leq 0.8$) というような組成になるように積層させ、前記エッチャントとして、臭化水素酸を用いることを特徴とする請求項16に記載の半導体レーザ。

【請求項18】 前記半導体基板上に積層される化合物半導体層を2層とし、

エッチャントに対してエッチングレートが異なる2層の化合物半導体層をエッチングレートの小さい方が上になるように連続して半導体基板に積層させ、

その連続積層された最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングすることを特徴とする請求項16に記載の半導体レーザの製造方法。

【請求項19】 特に前記2層化合物半導体層を、活性層から遠い側から、順に $(A_1x_1Ga_{1-x_1})_{0.5In_{0.5}P}$ 、 $(A_1x_2Ga_{1-x_2})_{0.5In_{0.5}P}$ ($0.5 \leq x_1 < x_2 \leq 0.8$) というような組成になるように積層させ、

前記エッチャントとして、臭化水素酸を用いることを特徴とする請求項18に記載の半導体レーザ。

【請求項20】 エッチャントに対してエッチングが進行するほどエッチングレートが速くなるように連続的に組成が変化する化合物半導体層を半導体基板上に積層させ、

その連続積層された最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングすることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項21】 特に前記化合物半導体層は、その組成を $(A_1xGa_{1-x})_{0.5In_{0.5}P}$ と書き表わしたときに、 x が x_1 から x_2 ($0.5 \leq x_1 < x_2 \leq 0.8$) まで連続的に変化した組成となっており、前記エッチャントとして、臭化水素酸を用いることを特徴とする請求項20に記載の半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、2段メサ構造、あるいは複数段のメサ構造、あるいは矩形のメサ構造、あるいはメサ側辺の底辺に対する角度が 5° 以上である形状のメサ構造を有する半導体装置及びその製造方法、並びに半導体レーザ及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のメサ構造を有する半導体装置の一種である半導体レーザの製造方法と半導体レーザについて図を用いて説明する。図3(a)に示すようにn型GaAs基板(面方位: (001)) 101上にn型 $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5In_{0.5}P}$ クラッド層102、多重量子井戸活性層103、p型 $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5In_{0.5}P}$ インナークラッド層104、p型GaInPエッチングストップ層105、p型 $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5In_{0.5}P}$ アウタークラッド層106、p型GaInPヘテロバッファ層107、p型GaAsキャップ層108を順にエピタキシャル成長し、熱CVD、フォトリソグラフィなどの工程によりSiO₂膜9をマスクとして<110>方向にストライプ状に形成する。

【0003】 次に図3(b)に示すようにp型GaAsキャップ層108、p型GaInPヘテロバッファ層107、p型 $(Al_{0.6}Ga_{0.4})_{0.5In_{0.5}P}$ アウタークラッド層106を順次リン酸系、臭化水素系などの適当なエッチング液を用いてエッチングストップ層のところでまでエッチングし、メサを形成する。

【0004】 その後、図3(c)に示すようにメサの側面をn型GaAs電流ブロック層110で埋め込み、SiO₂膜109を除去した後、p型GaAsコンタクト

層111を積層する。

【0005】このようにして作成されたウェハp、n両電極をつけ、300～1000 μ m程度のキャビティ長になるようにへき開し、個々のチップに分解することにより半導体レーザが製作できる。以上のような構造の半導体装置の製造方法及び半導体レーザは、例えば、アイトリプルイー・ジャーナル・オブ・カンタム・エレクトロニクス、29巻、1851ページ、(著者：上野他)などに掲載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の半導体装置の製造方法及び半導体レーザではp型アウタークラッド層106が単一組成であり、かつ<1(反位)10>方向にストライプを形成しているために、硫酸系、塩酸系、臭化水素酸系エッチング液等を用いた場合には、エッチングの選択性により図3(c)に示すように(1(反位)10)断面形状で見た場合のメサ側壁が(001)面に対して54.7°の角度をなす台形状メサとなる。

【0007】一方、メサ形状とレーザ特性の関係を詳細に調べると、メサ形状は外部微分量子効率及び横モード安定性と大きく関係していることが分かってきた。同じクラッド層厚で比べた場合、半導体レーザの発振時の外部微分量子効率はメサトップ幅が広いときに高く、また横モード制御が乱れる光出力、いわゆるキンクレベルはメサボトム幅が狭いときに高い。

【0008】したがって、従来の製造方法により製作される半導体レーザの台形状メサではメサトップ幅が狭く、メサボトム幅が広いために、高い外部微分量子効率と高いキンクレベルを同時に両立することが難しいという問題点がある。

【0009】本発明の目的は、エピタキシャル成長によって積層する層構造を工夫することによって、従来のものに比べて、メサトップ幅が広く、メサボトム幅が狭い、すなわちメサトップ幅とメサボトム幅の差が小さいメサ形状の半導体装置及びその製造方法を提供し、更に、これらを半導体レーザに適用することによって、発振時の効率が大きく、キンクレベルが高い半導体レーザ及びその製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明に係る半導体装置は、半導体基板上にメサ型のストライプが形成されている半導体装置であって、前記メサの、ストライプ方向と垂直な断面形状は、台形を2段もしくは3段以上に重ねた形をしており、前記多重台形状において、活性層から遠い側の台形の下底辺の長さは、活性層に近い側の台形の上底辺の長さより長く、前記多重台形状の活性層から遠い側の台形部分を構成する半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から近い側の台形部分を構成する半導体の組成よりエッチングレートが遅い組成となっているものである。

【0011】また本発明に係る半導体装置は、半導体基板上にメサ型のストライプが形成されている半導体装置であって、前記メサの、ストライプ方向と垂直な断面形状は、台形状メサの下底辺の両端を切り落とした形、すなわち2重台形状で、かつ活性層から遠い側の台形の下底辺の長さと活性層に近い側の台形の上底辺の長さがほぼ同じとなっており、前記多重台形状の活性層から遠い側の台形部分を構成する半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から近い側の台形部分を構成する半導体の組成よりエッチングレートが遅い組成となっているものである。

【0012】また本発明に係る半導体装置は、半導体基板上にメサ型のストライプが形成されている半導体装置であって、前記メサの、ストライプ方向と垂直な断面形状は、矩形、あるいはメサ側辺の底辺に対する角度が55°以上90°以下である形状をなしており、前記メサ部分を構成している組成は、エッチャントに対して、活性層から遠い方から近い方に向かって、エッチングレートが速くなるように連続的に変化しているものである。

【0013】また本発明に係る半導体レーザは、横モード制御のためのメサ型クラッド層を有する半導体レーザであって、前記メサの、導波路方向と垂直な断面形状は、台形を2段もしくは3段以上に重ねた形をしており、前記多重台形状において、活性層から遠い側の台形の下底辺の長さは、活性層に近い側の台形の上底辺の長さより長く、前記多重台形状の活性層から遠い側の台形部分を構成する半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から近い側の台形部分を構成する半導体の組成よりエッチングレートが遅い組成となっているものである。

【0014】また前記半導体レーザにおいて、特に、前記メサを構成するクラッド層は、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x \leq 0.8$) からなる半導体層を含むものである。

【0015】また前記半導体レーザにおいて、特に、前記多重台形状の各台形部分を構成する半導体の組成は、活性層から遠い側から、順に $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x3}Ga_{1-x3})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 \dots 、 $(Al_{xn}Ga_{1-xn})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_n \leq 0.8$) というような組成になっているものである。

【0016】また本発明に係る半導体レーザは、横モード制御のためのメサ型クラッド層を有する半導体レーザであって、前記メサの、導波路方向と垂直な断面形状は、台形状メサの下底辺の両端を切り落とした形、すなわち2重台形状で、かつ活性層から遠い側の台形の下底辺の長さと活性層に近い側の台形の上底辺の長さがほぼ同じとなっており、前記多重台形状の活性層から遠い側の台形部分を構成する半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から近い側の台形部分を構成する半

導体の組成よりエッチングレートが遅い組成となっているものである。

【0017】また前記半導体レーザにおいて、特に、前記メサを構成するクラッド層は、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x \leq 0.8$) からなる半導体層を含むものである。

【0018】また前記半導体レーザにおいて、特に、前記多重台形形状の各台形部分を構成する半導体の組成は、活性層から遠い側から、順に $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x1 < x2 \leq 0.8$) というような組成になっているものである。

【0019】また本発明に係る半導体レーザは、横モード制御のためのメサ型クラッド層を有する半導体レーザであって、前記メサの、導波路方向と垂直な断面形状は、矩形、あるいはメサ側辺の底辺に対する角度が 55° 以上 90° 以下である形状をなしており、前記メサ部分を構成している半導体の組成は、エッチャントに対して、活性層から遠い方から近い方に向かって、エッチングレートが速くなるように連続的に変化しているものである。

【0020】また前記半導体レーザにおいて、特に、前記メサを構成するクラッド層は、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x \leq 0.8$) からなる半導体層を含むものである。

【0021】また前記半導体レーザにおいて、特に、前記メサ部分を構成する半導体の組成は、組成を $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ と書き表わしたときに、 x が $x1$ から $x2$ ($0.5 \leq x1 < x2 \leq 0.8$) まで連続的に変化した組成になっているものである。

【0022】また本発明に係る半導体装置の製造方法は、エッチャントに対してエッチングレートが異なる多層の化合物半導体層をエッチングレートの小さい方が上になるように連続して半導体基板上に積層させ、その連続積層された最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングするものである。

【0023】また前記半導体基板上に積層される化合物半導体層を2層とし、エッチャントに対してエッチングレートが異なる2層の化合物半導体層をエッチングレートの小さい方が上になるように連続して積層させ、その最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後に前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングするものである。

【0024】また本発明に係る半導体装置の製造方法は、エッチャントに対してエッチングが進行するほどエッチングレートが速くなるように連続的に組成が変化する化合物半導体層を半導体基板上に積層させ、その最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後に前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングする

ものである。

【0025】また本発明に係る半導体装置の製造方法は、エッチャントに対してエッチングレートが異なる多層の化合物半導体層をエッチングレートの小さい方が上になるように連続して半導体基板上に積層させ、その連続積層された最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングするものである。

【0026】また特に前記多層化合物半導体層を、活性層から遠い側から、順に $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x3}Ga_{1-x3})_{0.5}In_{0.5}P \cdots (Al_{xn}Ga_{1-xn})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x1 < x2 < x3 < \cdots < xn \leq 0.8$) というような組成になるように積層させ、前記エッチャントとして、臭化水素酸を用いるものである。

【0027】また前記半導体基板上に積層される化合物半導体層を2層とし、エッチャントに対してエッチングレートが異なる2層の化合物半導体層をエッチングレートの小さい方が上になるように連続して半導体基板に積層させ、その連続積層された最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングするものである。

【0028】また特に前記2層化合物半導体層を、活性層から遠い側から、順に $(Al_{x1}Ga_{1-x1})_{0.5}In_{0.5}P$ 、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ ($0.5 \leq x1 < x2 \leq 0.8$) というような組成になるように積層させ、前記エッチャントとして、臭化水素酸を用いるものである。

【0029】また本発明に係る半導体装置の製造方法は、エッチャントに対してエッチングが進行するほどにエッチングレートが速くなるように連続的に組成が変化する化合物半導体層を半導体基板上に積層させ、その連続積層された最上層の化合物半導体層上にマスクを形成した後、前記化合物半導体層を前記エッチャントを用いてエッチングするものである。

【0030】また特に、前記化合物半導体層は、その組成を $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ と書き表わしたときに、 x が $x1$ から $x2$ ($0.5 \leq x1 < x2 \leq 0.8$) まで連続的に変化した組成となっており、前記エッチャントとして、臭化水素酸を用いるものである。

【0031】

【作用】化合物半導体は、その組成比や材料によってエッチング液によるエッチングレートが異なる。本発明では半導体基板上に各層の組成比が異なり、かつ各層のエッチングレートが順に小さくなるように化合物半導体層を連続して積層させ、マスクを形成した後、前記化合物半導体層のエッチングを行うことにより、メサトップ幅とメサボトム幅の差が小さいメサ構造を有する半導体装置を作製している。ここでは、メサトップ幅とメサボトム幅の差が小さいメサを形成するための化合物半導体装

置の一例としてAlGaInP層を用いて説明する。

【0032】(Al_sGa_{1-s})_tIn_{1-t}Pにおいて、 $0.7 \geq s \geq 0.5$, $0.6 \geq t \geq 0.4$ の範囲では(001)面に積層されたAlGaInP結晶を臭化水素酸と水の混合溶液により23℃でエッチングしたときの深さ方向及び横方向のエッチング速度はほぼ以下の式に従う。

深さ方向のエッチング速度：

$$V_d (\mu\text{m}/\text{min.}) = 13.8139 \times s \times u - 4.56084 \times s - 6.30373 \times u + 2.046188$$

横方向のエッチング速度：

$$V_s (\mu\text{m}/\text{min.}) = -0.395 \times s \times u + 0.237 \times s + 0.7179 \times u - 0.30784$$

【0033】ここで、uは臭化水素水の体積を臭化水素酸と水の合計の体積で割った値である。例えば、 $s = 0.5$, $t = 0.5$, $u = 0.4$ のときには、 $V_d = 0.00756 (\mu\text{m}/\text{min.})$, $V_s = 0.01882 (\mu\text{m}/\text{min.})$, $s = 0.7$, $t = 0.5$, $u = 0.4$ のときには、 $V_d = 0.2 (\mu\text{m}/\text{min.})$, $V_s = 0.03462 (\mu\text{m}/\text{min.})$ となる。

【0034】このようにAlGaInP結晶の組成、及びエッチング液の組成によって深さ方向及び横方向のエッチング速度が変化する。さらに、組成の異なる半導体層をエッチングし、メサを形成する場合は、上述のエッチング速度の差から生じるエッチング液中のイオン消費量がメサの各部で異なり、そのイオン濃度分布がメサ形状に影響を与える。

【0035】例えば、半導体基板上に組成が $0.7 \geq x \geq y \geq 0.5$, $0.6 \geq z$, $w \geq 0.4$ であるような(A_{1-x}Ga_{1-x})ZIn_{1-z}P層と、それより基板から遠くに位置する(A_{1-y}Ga_{1-y})wIn_{1-w}P層とが連続した層構造を臭化水素酸と水の混合溶液によりエッチングしたときにできるメサ構造は図2(a)に示すような2段メサとなる。さらに、上下2層のエッチング速度の差が大きい場合は、図2(b)に示すような形状になる。これらの形状はx, y及びエッチング液の組成によって変えることができる。

【0036】さらに、基板上に基板に遠い方から順にエッチング速度が大きくなるように3層以上の層を積層した場合には、図2(c)に示すようなメサ構造になる。さらに基板に近くなるに連れて、エッチング速度が連続的に大きくなるように、半導体層の組成を連続的に変化させると、図2(d)に示すような矩形のメサをウェットエッチングで形成することが可能である。また前記メサの、ストライプ方向と垂直な断面形状は、矩形、あるいはメサ側辺の底辺に対する角度が55°以上90°以下である形状をなしており、前記メサ部分を構成している組成は、エッチャントに対して、活性層から遠い方か

ら近い方に向かって、エッチングレートが速くなるように連続的に変化している。

【0037】以上のようにエッチング速度が異なるような半導体層を連続して基板上に成長することによってメサ形状を比較的自由に制御できる。特に基板に近い側の半導体層のエッチング速度が速くなるようにした場合に、メサ形状は矩形に近づく。上記の例では半導体材料としてAlGaInP、エッチャントとして臭化水素酸と水の混合溶液を用いて説明したが、本発明に係る半導体装置及びその製造方法、並びに半導体レーザ及びその製造方法は、他の半導体材料においても適当なエッチャントを用いて実施することができる。

【0038】上記したようなメサ形状を有する半導体レーザは従来例の図3(c)で示したようなメサ形状を有する半導体レーザに比べて、メサトップ幅とメサボトム幅の差が小さくなっているために、レーザ発振時の効率が大きく、キンクレベルが高いという特徴を有する。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る半導体装置及びその製造方法を半導体レーザ及びその製造方法に適用した場合の実施形態について説明する。この実施形態では、半導体レーザとしてAlGaInP系半導体レーザを用いている。

【0040】図1(a)に示すようにn型GaAs基板(面方位：(001))201上にn型(A_{1-0.6}Ga_{0.4})0.5In_{0.5}Pクラッド層202(厚さ：1.5μm)、多重量子井戸活性層203、p型(A_{1-0.6}Ga_{0.4})0.5In_{0.5}Pインナークラッド層204(厚さ：0.3μm)、p型GaInPエッチングストップ層205(厚さ：0.01μm)、p型(A_{1-0.65}Ga_{0.35})0.5In_{0.5}P第1アウタークラッド層206(厚さ：0.3μm)、p型(A_{1-0.6}Ga_{0.4})0.5In_{0.5}P第2アウタークラッド層207(厚さ：0.9μm)、p型GaInPヘテロバッファ層208(厚さ：0.02μm)、p型GaAsキャップ層209(厚さ：0.3μm)をMOVPE法でエピタキシャル成長し、熱CVD、フォトリソグラフィなどの工程によりSiO₂膜210(厚さ：0.3μm)をマスクとして<1(反位)10>方向にストライプ状に形成する。

【0041】次に図1(b)に示すようにGaAsキャップ層209、GaInPヘテロバッファ層208、(A_{1-0.6}Ga_{0.4})0.5In_{0.5}P第2アウタークラッド層207と(A_{1-0.65}Ga_{0.35})0.5In_{0.5}P第1アウタークラッド層206を順に焼酸と過酸化水素水と水、臭化水素酸と過酸化水素水と水、臭化水素酸と水の混合溶液を用いてエッチングストップ層のところまでエッチングし、メサを形成する。第1、第2のアウタークラッド層206、207を例えば臭化水素酸と水の混合比が1:1のエッチング液でエッチングすると、図1(b)に示すような2段メサが形成できる。

【0042】その後、図1(c)に示すようにメサの側面をn型GaAs電流ブロック層211(厚さ: $1\mu\text{m}$)で埋め込み、 SiO_2 膜210を除去した後、p型GaAsコンタクト層212(厚さ: $3\mu\text{m}$)を積層する。

【0043】このようにして作成されたウェハp, n両電極をつけ、 $700\mu\text{m}$ 程度のキャビティ長になるようにへき開し、個々のチップに分解することにより半導体レーザを製作する。

【0044】このようにして作製した半導体レーザに前面反射率30%、後面反射率85%の端面コーティングを施し、メサ底幅が $5\mu\text{m}$ のレーザの特性を評価したところ、従来の同じサイズのレーザの効率が 0.55W/A 、キンクレベルが 55mW であったのに比べて、本発明のレーザは効率が 0.6W/A 、キンクレベルが 60mW であった。

【0045】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、エッチング速度が異なるような半導体層を連続して基板上に成長することによってメサ形状を比較的自由に制御できる。特に基板に近い側の半導体層のエッチング速度が速くなるようにした場合には、前記メサの、ストライプ方向と

垂直な断面形状は、矩形、あるいはメサ側辺の底辺に対する角度が 55° 以上 90° 以下である形状を形成することができる。

【0046】さらに半導体レーザに適用すれば、ウェットエッチングで形成されるメサ形状を改善することができる。キンクレベルが高く、効率の高い半導体レーザを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を工程順に示す断面図である。

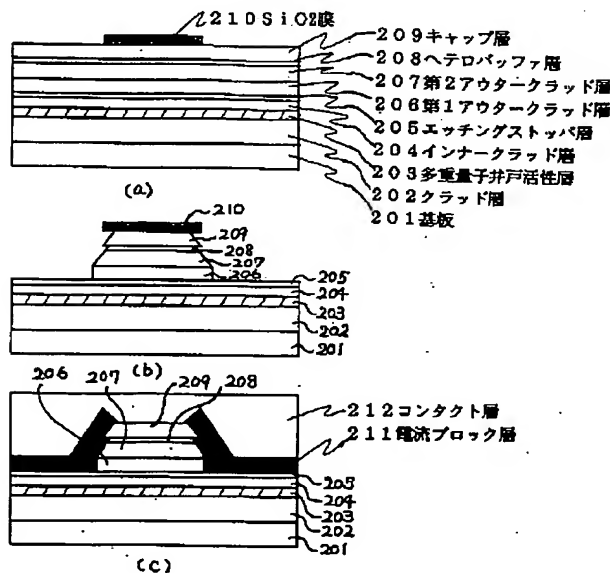
【図2】本発明の作用を示す断面図である。

【図3】従来例を工程順に示す断面図である。

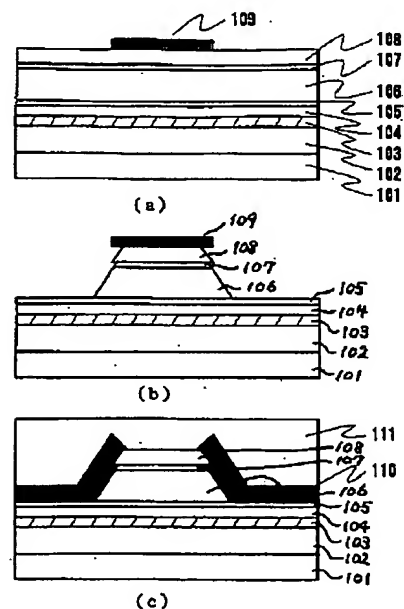
【符号の説明】

- 201 基板
- 202 クラッド層
- 203 多重量子井戸活性層
- 204 インナークラッド層
- 205 エッチングストップ層
- 206 第1アウタークラッド層
- 207 第2アウタークラッド層
- 208 ヘテロバッファ層
- 209 キャップ層

【図1】



【図3】



【図2】

